

**Dielectric waveguide**

Patent Number: ☐ EP0767507  
Publication date: 1997-04-09  
Inventor(s): TANIZAKI TORU (JP); NISHIDA HIROSHI (JP); SAITOH ATSUSHI (JP)  
Applicant(s):: MURATA MANUFACTURING CO (JP)  
Requested Patent: ☐ JP9102706  
Application Number: EP19960115947 19961004  
Priority Number(s): JP19950257803 19951004  
IPC Classification: H01P3/16  
EC Classification: H01P3/16  
Equivalents: CN1152804, JP2998614B2, KR192562, ☐ US5982255

**Abstract**

A dielectric waveguide has a dielectric member disposed between a pair of parallel conductor flat surfaces, such that a propagating region and a non-propagating region are formed. The spacing between the conductor flat surfaces in the non-propagating region is determined to be smaller than that in the propagating region. The above-mentioned spacings and the dielectric constant of the dielectric member are determined such that the cut-off frequency of the LSM01 mode propagating through the propagating region is lower than the cut-off frequency of the LSE01 mode and that electromagnetic waves of both the LSM01 mode and the LSE01 mode are cut-off in the non-propagating region, so that any transmission loss attributable to a mode conversion between the LSM01 mode and LSE01 mode occurring at, for example, a bend of the waveguide is eliminated so as to facilitate production of the

waveguide having a desired bend angle and radius of curvature. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 1 0 2 7 0 6

(43) 公開日 平成9年(1997)4月15日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号 庁内整理番号 F I

技術表示箇所

H 0 1 P 3/16  
1/02  
1/38

H 0 1 P 3/16  
1/02 A  
1/38

審査請求 未請求 請求項の数 7

O L

(全 1 4 頁)

(21) 出願番号 特願平7-257803

(22) 出願日 平成7年(1995)10月4日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 谷崎 透

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 西田 浩

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 齊藤 篤

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

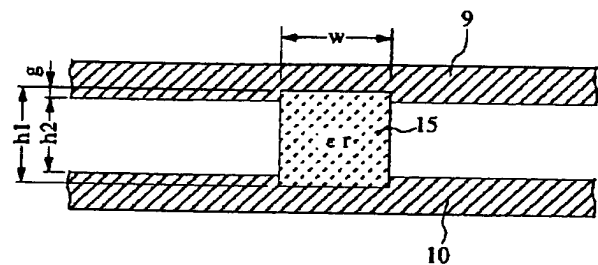
(74) 代理人 弁理士 小森 久夫

(54) 【発明の名称】 誘電体線路

(57) 【要約】

【課題】 ベンド部などにおける  $LSM_{o1}$  モードと  $LSE_{o1}$  モードとのモード変換による伝送損失を無くして、例えば任意のベンド角や曲率半径を持つベンド部を容易に構成できるようにした誘電体線路を提供する。

【解決手段】 非伝搬域の導電体平面の間隔  $h_2$  を伝搬域の導電体平面の間隔  $h_1$  より小さくするとともに、伝搬域において伝搬する  $LSM_{o1}$  モードの遮断周波数が  $LSE_{o1}$  モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において  $LSM_{o1}$  モードおよび  $LSE_{o1}$  モードの電磁波を遮断する条件で  $h_1$ 、 $h_2$  および誘電体ストリップ 15 の比誘電率  $\epsilon_r$  を定める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 略平行な2つの導電体平面の間に誘電体ストリップを配して該誘電体ストリップの部分で電磁波を伝搬させる伝搬域と、前記誘電体ストリップ以外の部分で前記電磁波を遮断する非伝搬域とを設けた誘電体線路において、

非伝搬域の導電体平面の間隔 $h_2$ を伝搬域の導電体平面の間隔 $h_1$ より小さくするとともに、伝搬域に介在する誘電体の誘電率を $\epsilon_1$ 、非伝搬域に介在する誘電体層の誘電率を $\epsilon_2$ として、

伝搬域において伝搬する $LSM_{o1}$ モードの遮断周波数が $LSE_{o1}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{o1}$ モードおよび $LSE_{o1}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1$ 、 $h_2$ 、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ を定めたことを特徴とする誘電体線路。

【請求項2】 請求項1に記載の誘電体線路において、伝搬域に誘電率が $\epsilon_1$ の誘電体ストリップを介在させ、非伝搬域に誘電率が $\epsilon_2$ の誘電体層を介在させるとともに、非伝搬域および／または伝搬域に厚さ寸法が $t$ で誘電率が $\epsilon_3$ の誘電体層を更に設けて、

伝搬域において伝搬する $LSM_{o1}$ モードの遮断周波数が $LSE_{o1}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{o1}$ モードおよび $LSE_{o1}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1$ 、 $h_2$ 、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ 、 $\epsilon_3$ および $t$ を定めたことを特徴とする誘電体線路。

【請求項3】 略平行な2つの導電体平面の間に誘電体を配して、前記2つの導電体平面の間で電磁波を伝搬させる伝搬域と、前記電磁波を遮断する非伝搬域とを設けた誘電体線路において、

非伝搬域の導電体平面の間隔 $h_2$ を伝搬域の導電体平面の間隔 $h_1$ より小さくするとともに、前記2つの導電体平面の間に誘電率が $\epsilon_1$ の誘電体を介在させて、

伝搬域において伝搬する $LSM_{o1}$ モードの遮断周波数が $LSE_{o1}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{o1}$ モードおよび $LSE_{o1}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1$ 、 $h_2$ および $\epsilon_1$ を定めたことを特徴とする誘電体線路。

【請求項4】 請求項3に記載の誘電体線路において、非伝搬域および／または伝搬域に厚さ寸法が $t$ で誘電率が $\epsilon_3$ の誘電体層を更に設けて、

伝搬域において伝搬する $LSM_{o1}$ モードの遮断周波数が $LSE_{o1}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{o1}$ モードおよび $LSE_{o1}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1$ 、 $h_2$ 、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_3$ および $t$ を定めたことを特徴とする誘電体線路。

【請求項5】 略平行な2つの導電体平面の間に誘電体を配して、前記2つの導電体平面の間で電磁波を伝搬させる伝搬域と、前記電磁波を遮断する非伝搬域とを設けた誘電体線路において、

非伝搬域の導電体平面の間隔 $h_2$ を伝搬域の導電体平面

の間隔 $h_1$ より小さくするとともに、伝搬域に誘電率 $\epsilon_1$ の誘電体を介在させ、非伝搬域に伝搬域から連続する誘電率 $\epsilon_1$ の誘電体層および誘電率が $\epsilon_2$ の他の誘電体層を介在させて、

伝搬域において伝搬する $LSM_{o1}$ モードの遮断周波数が $LSE_{o1}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{o1}$ モードおよび $LSE_{o1}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1$ 、 $h_2$ 、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ および非伝搬域における誘電率が $\epsilon_1$ の誘電体層の厚み寸法をそれぞれ定めたことを特徴とする誘電体線路。

【請求項6】 請求項5に記載の誘電体線路において、非伝搬域および／または伝搬域に厚さ寸法が $t$ で誘電率が $\epsilon_3$ の誘電体層を更に設けて、

伝搬域において伝搬する $LSM_{o1}$ モードの遮断周波数が $LSE_{o1}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{o1}$ モードおよび $LSE_{o1}$ モードの電磁波を遮断する条件を満たすように前記 $h_1$ 、 $h_2$ 、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ 、 $\epsilon_3$ 、 $t$ および非伝搬域における誘電率が $\epsilon_1$ の誘電体層の厚み寸法をそれぞれ定めたことを特徴とする誘電体線路。

【請求項7】 前記導電体平面は樹脂またはセラミックスの射出成形体に金属膜を被膜形成したものである請求項1～6のいずれかに記載の誘電体線路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ミリ波帯やマイクロ波帯で用いられる伝送路や集積回路などに適する誘電体線路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図26は従来の誘電体線路（NRDガイド）の4つのタイプの構成を示す断面図である。（A）はいわゆるノーマルタイプであり、平行に配設される金属平板101と102の間に誘電体ストリップ100を備える。（B）はいわゆるグループドタイプであり、金属平板101と102とにそれぞれ溝（グループ）を形成して、その溝に誘電体ストリップ100を嵌め合せている。（C）はいわゆるインシュレーティッドタイプであり、導電板105と106の間に低誘電率の誘電体層103、104を介して誘電体ストリップ100を設けている。（D）はいわゆるウイングドタイプであり、それぞれウイング（つば）を有する誘電体ストリップ107、108の平面部に導電体109、110を形成し、誘電体ストリップ部分を対向させている。

【0003】上記ノーマルタイプの誘電体線路については、特公昭62-35281号公報に開示されている。また、上記グループドタイプの誘電体線路は、実開昭59-183002号公報に開示されている。上記インシュレーティッドタイプの誘電体線路は特公平1-51202号公報に開示されている。さらに、上記ウイングドタイプの誘電体線路は特開平6-260814号公報に

開示されている。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の各タイプの誘電体線路は、それぞれの構造に応じた利点を有する。これらの誘電体線路の伝送モードには、LSMモードとLSEモードとがあるが、そのうち伝送損失の小さいLSM<sub>01</sub>モードが一般に使用される。ここで両モードの電磁界分布の例を図7に示す。(A)はLSM<sub>01</sub>モードの電磁界分布、(B)はLSE<sub>01</sub>モードの電磁界分布をそれぞれ示している。但し、同図においては誘電体ストリップ100の上下に配置される金属平板などの導電体を省略している。同図において実線は電気力線、破線は磁力線である。ここで、従来のノーマルタイプの誘電体線路とグループDタイプの誘電体線路について、その分散曲線と計算モデルの例を図8および図9に示す。両図からわかるように、LSE<sub>01</sub>モードが最低次モードであり、使用モードであるLSM<sub>01</sub>モードは高次モードとなる。そのため、LSM<sub>01</sub>モードを利用する際にはその周波数に関係なくLSE<sub>01</sub>モードが生じる場合があり、その場合にはLSE<sub>01</sub>モードによる影響を受けないようにしなければならなかった。

【0005】例えば図27に示すベンドのように、LSM<sub>01</sub>モードが横方向に非対称な誘電体ストリップ100の不連続部に電磁波が入射した場合、LSE<sub>01</sub>モードが発生する。(図27においては、上部の金属平板101を分離して描いている。)このLSE<sub>01</sub>モードは遮断周波数がLSM<sub>01</sub>モードより低いので誘電体ストリップを伝搬し、不連続部において、LSM<sub>01</sub>モードの伝送電力の一部がLSE<sub>01</sub>モードに変換され、再びその電力がLSM<sub>01</sub>モードに完全に変換されるという過程を周期的に繰り返す。従って、ベンドの終端で全電力がLSM<sub>01</sub>モードに完全に変換されるようにベンドを設計すればベンド部における損失を最低限に抑えられる。しかし、上記条件を満足する範囲は狭く、任意のベンド角および曲率半径を持つベンド部を構成することはできなかった。

【0006】また、例えば図28に示すように、3つの誘電体ストリップ100と2枚のフェライトディスク32を配置し、直流バイアス磁界H<sub>0c</sub>を印加することによってサーキュレータを構成した場合、同図の(A)に示すように、ポートP1からポートP2へLSM<sub>01</sub>モードの電磁波を伝搬させる際、ポートP3方向へLSE<sub>01</sub>モードが伝搬され、損失が増大することになる。図において破線は磁界の分布を示している。尚、同図においては上下の導電体平面を省略している。このようなLSE<sub>01</sub>モードによる影響を防止するためには、同図の(B)に示すように、各誘電体ストリップにモードサプレッサ109を配置するのが有効である。このモードサプレッサ109は内部の中央部に図における鉛直方向に導電体を設けていて、LSE<sub>01</sub>モードのみを減衰させるようにしている。しかし、このような構造ではモードサプレッサ

が新たに必要であり、そのための占有面積も増大する、という問題があった。

【0007】さらに、例えば2つの誘電体ストリップを交差する関係で通す必要がある場合、従来技術ではそれぞれを伝搬する電磁波の影響が相互に及ばないように、2つの誘電体ストリップを立体的に交差させなければならなかった。しかし、そのような構造では装置全体が大型化する、という問題があった。

【0008】この発明の目的は、上述したモード変換による伝送損失を無くした誘電体線路を提供することにある。

【0009】この発明の他の目的は、任意のベンド角や曲率半径を持つベンド部を容易に構成できるようにした誘電体線路を提供することにある。

【0010】この発明の他の目的は、モードサプレッサを用いることなく、LSE<sub>01</sub>モードによる影響をなくしたサーキュレータを容易に構成できるようにした誘電体線路を提供することにある。

【0011】この発明のさらに他の目的は、2つの誘電体ストリップを交差する関係で通す場合に、2つの誘電体ストリップを同一平面で交差させ、且つそれぞれを伝搬する電磁波の影響が相互に及ばないようにして、装置全体を容易に小型化できるようにした誘電体線路を提供することにある。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】この発明の誘電体線路は、略平行な2つの導電体平面の間に誘電体ストリップを配して誘電体ストリップの部分で電磁波を伝搬させる伝搬域と、前記誘電体ストリップ以外の部分で前記電磁波を遮断する非伝搬域とを設けた誘電体線路において、ベンド部における上記モード変換による伝送損失を無くすために、請求項1に記載の通りの構成とする。その例を図1に示す。同図において1、2はそれぞれ導電体平面であり、非伝搬域の導電体平面の間隔h2を伝搬域の導電体平面の間隔h1より小さくするとともに、伝搬域に介在する誘電体ストリップ15の誘電率をε1、非伝搬域に介在する誘電体層の誘電率をε2として、伝搬域において伝搬するLSM<sub>01</sub>モードの遮断周波数がLSE<sub>01</sub>モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域においてLSM<sub>01</sub>モードおよびLSE<sub>01</sub>モードの電磁波を遮断するようにh1、h2、ε1、ε2を定める。

【0013】また、この発明の誘電体線路は、2つの導電体平面の間に誘電体ストリップ以外に誘電体層を介在させたものにおいて、ベンド部における上記モード変換による伝送損失を無くすために、請求項2に記載の通りの構成とする。その例を図2に示す。同図において6は厚さ寸法t、誘電率がε3の回路基板などの誘電体層である。同図の(A)に示すように、誘電体層6の上下に誘電率がε1の誘電体ストリップ15、16を設けるか、同図の(B)に示すように、誘電体ストリップ部分

は図1と同様とし、導電体平面1, 2の間の非伝搬域にのみ誘電体層6を設ける。そして、伝搬域において伝搬する $LSM_{01}$ モードの遮断周波数が $LSE_{01}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{01}$ モードおよび $LSE_{01}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1, h_2, \epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ および $t$ を定める。なお、このように2つの導電体平面の間に誘電体ストリップ以外の誘電体層を介在させた構造では、回路基板を上記誘電体層として、例えば回路基板上に $LSM_{01}$ モードの電磁界と結合するストリップライン8を設けて、平面回路を備えた誘電体線路を構成することができる。

【0014】また、この発明の誘電体線路は、略平行な2つの導電体平面の間に誘電体を配して、伝搬域と非伝搬域を設けた誘電体線路において、ベンド部における上記モード変換による伝送損失を無くすために、請求項3に記載の通りの構成とする。その例を図3に示す。同図のように、非伝搬域の導電体平面の間隔 $h_2$ を伝搬域の導電体平面の間隔 $h_1$ より小さくするとともに、2つの導電体平面1, 2の間に伝搬域から非伝搬域にわたって誘電率 $\epsilon_1$ の誘電体3を介在させる。そして、伝搬域において伝搬する $LSM_{01}$ モードの遮断周波数が $LSE_{01}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{01}$ モードおよび $LSE_{01}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1, h_2$ および $\epsilon_1$ を定める。

【0015】また、この発明の誘電体線路は、略平行な2つの導電体平面の間に誘電体を配して、伝搬域と非伝搬域を設けた誘電体線路において、ベンド部における上記モード変換による伝送損失を無くすために、請求項4に記載の通りの構成とする。その例を図4に示す。同図のように、非伝搬域の導電体平面の間隔 $h_2$ を伝搬域の導電体平面の間隔 $h_1$ より小さくするとともに、2つの導電体平面1, 2の間に伝搬域から非伝搬域にわたって厚さ寸法が $t$ で誘電率 $\epsilon_1$ の誘電体3, 4を介在させ、非伝搬域および/または伝搬域に厚さ寸法が $t$ で誘電率が $\epsilon_3$ の誘電体層6を設ける。そして、伝搬域において伝搬する $LSM_{01}$ モードの遮断周波数が $LSE_{01}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{01}$ モードおよび $LSE_{01}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1, h_2, \epsilon_1, \epsilon_3$ および $t$ を定める。

【0016】また、この発明の誘電体線路は、略平行な2つの導電体平面の間に誘電体を配して、伝搬域と非伝搬域を設けた誘電体線路において、ベンド部における上記モード変換による伝送損失を無くすために、請求項5に記載の通りの構成とする。その例を図5に示す。同図のように、非伝搬域の導電体平面の間隔 $h_2$ を伝搬域の導電体平面の間隔 $h_1$ より小さくするとともに、2つの導電体平面1, 2の間に伝搬域から非伝搬域にわたって厚さ寸法が $t_1$ で誘電率 $\epsilon_1$ の誘電体3および誘電率が

$\epsilon_2$ の他の誘電体層5を介在させる。そして、伝搬域において伝搬する $LSM_{01}$ モードの遮断周波数が $LSE_{01}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{01}$ モードおよび $LSE_{01}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1, h_2, \epsilon_1, \epsilon_2$ および $t_1$ を定める。

【0017】また、この発明の誘電体線路は、略平行な2つの導電体平面の間に誘電体を配して、伝搬域と非伝搬域を設けた誘電体線路において、ベンド部における上記モード変換による伝送損失を無くすために、請求項6に記載の通りの構成とする。その例を図6に示す。同図のように、非伝搬域の導電体平面の間隔 $h_2$ を伝搬域の導電体平面の間隔 $h_1$ より小さくするとともに、2つの導電体平面1, 2の間に伝搬域から非伝搬域にわたって厚さ寸法が $t_1$ で誘電率 $\epsilon_1$ の誘電体3および誘電率が $\epsilon_2$ の他の誘電体層5を介在させ、さらに厚さ寸法が $t$ で誘電率が $\epsilon_3$ の誘電体層6を設ける。そして、伝搬域において伝搬する $LSM_{01}$ モードの遮断周波数が $LSE_{01}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ非伝搬域において前記 $LSM_{01}$ モードおよび $LSE_{01}$ モードの電磁波を遮断する条件で前記 $h_1, h_2, \epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, t$ および $t_1$ を定める。

【0018】また、この発明の誘電体線路は、その伝搬域と非伝搬域とを容易に構成できるようにするため、請求項7に記載のとおり、前記導電体平面を樹脂またはセラミックスの射出成形体に金属膜を被膜形成して構成する。

【0019】上記請求項1~6に記載の構成によれば、 $LSM_{01}$ モードが最低時モードとなり、ベンド部において $LSM_{01}$ モードから $LSE_{01}$ モードへのモード変換がなく、そのモード変換に伴う伝送損失が無くなり、任意のベンド角および曲率半径にベンド部を設計することが可能となる。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】この発明の第1の実施形態に係る誘電体線路の構成を図10~図16を基に以下説明する。

【0021】図13は第1の実施形態に係る誘電体線路の斜視図である。同図において9, 10は導電体平面を構成する金属平板、15は誘電体ストリップである。金属平板9, 10の対向面の所定位置にはそれぞれ溝を形成して、誘電体ストリップ15をそれらの溝に嵌め込む構造としている。図14は図13に示した誘電体線路の断面図である。同図に示すように、誘電体ストリップ15の比誘電率を $\epsilon_r$ 、その幅を $w$ 、高さを $h_1$ 、非伝搬域における金属平板9, 10の高さを $h_2$ 、溝の深さを $g$ とする。ここで $h_2 (= h_1 - 2g)$ は、使用する周波数の電磁波を非伝搬域において遮断させるために、使用する周波数の自由空間での波長を $\lambda_0$ とすれば、 $h_2 < \lambda_0 / 2$ とする。

【0022】図10～図12は図14に示した各パラメータを変化させた場合の分散曲線の幾つかの例を示している。各図において、(B)は計算モデル、(A)はその計算結果による分散曲線であり、横軸に周波数、縦軸に位相定数 $\beta$ をとっている。

【0023】図10は $\epsilon_r=2.04$ 、 $w=2.5$  mm、 $h_1=2.25$  mm、 $h_2=1.65$  mm、 $g=0.3$  mmとしたときの例である。この場合、 $LSM_{01}$ モードは53.8 GHz以上の帯域において伝搬し、 $LSE_{01}$ モードは55.6 GHz以上の帯域で伝搬するため、53.8 GHz～55.6 GHzの周波数範囲で $LSM_{01}$ モードのみが伝搬されるようになる。

【0024】図11は $\epsilon_r=2.04$ 、 $w=2.5$  mm、 $h_1=2.25$  mm、 $h_2=1.35$  mm、 $g=0.45$  mmとしたときの例である。この場合、 $LSM_{01}$ モードは52.1 GHz以上の帯域において伝搬し、 $LSE_{01}$ モードは57.5 GHz以上の帯域で伝搬するため、52.1 GHz～57.5 GHzの周波数範囲で $LSM_{01}$ モードのみが伝搬されるようになる。

【0025】図12は $\epsilon_r=2.04$ 、 $w=2.5$  mm、 $h_1=2.1$  mm、 $h_2=1.1$  mm、 $g=0.5$  mmとしたときの例である。この場合、 $LSM_{01}$ モードは54.3 GHz以上の帯域において伝搬し、 $LSE_{01}$ モードは61.5 GHz以上の帯域で伝搬するため、54.3 GHz～61.5 GHzの周波数範囲で $LSM_{01}$ モードのみが伝搬されるようになる。

【0026】図15は、上記 $w$ を任意とし、 $\epsilon_r$ と $g/h_1$ の値を変化させるとともに分散曲線を求め、 $LSM_{01}$ モードが最低次モードとなる条件を求めた結果である。同図においてハッチング部分は $LSM_{01}$ モードが最低次モードとなる条件である。例えば $\epsilon_r=2$ のとき $g/h_1$ が0.092以上であれば $LSM_{01}$ モードが最低次モードとなる。同様に例えば $\epsilon_r=4$ のとき、 $g/h_1=0.135$ 以上のとき $LSM_{01}$ モードが最低次モードとなる。このようにハッチングで示す条件(但し図15において $g/h_1=0.5$ は含まない。)の下では、ベンド部においても $LSM_{01}$ モードのみが伝搬することになる。

【0027】図16の(A)は(B)に示したベンド部の曲率半径 $R$ を9.6 mm、周波数を60 GHzに規定して、ベンド角 $\theta$ と伝送損失との関係を従来に比較して示した図である。図16の(A)において破線は図8の(B)に示した計算モデルで求めた特性、実線は図12の(B)に示した計算モデルで求めた特性である。このように従来構造ではベンド角 $\theta$ に応じて伝送損失が0～約4 dBの範囲で変動し、例えば $\theta=75^\circ$ を選んだ場合には、伝送損失が4 dBと大きくなる。これに対し、本願発明に係る誘電体線路によるベンドでは、ベンド角 $\theta$ に関係なく、損失は常に0 dBである。但し、ここで損失計算は誘電体部分と導体部分による損失を無視した

無損失系で行っている。

【0028】次に、この発明の第2の実施形態に係る誘電体線路の2つの構成例を断面図として図17の(A)と(B)に示す。いずれも図13および図14に示した第1の実施形態と異なり、金属平板9、10の溝の角部分をテーパ状に形成している。(B)ではさらに誘電体ストリップ15の稜線部分を金属平板9、10の溝のテーパ部に合わせて面取り形状としている。これにより、金属平板の溝に対する誘電体ストリップの嵌め込みを容易にするとともに、位置ずれを確実に防止することができる。

【0029】次に、この発明の第3の実施形態に係る誘電体線路の構成を斜視図として図18に示す。同図において13、14はそれぞれ樹脂(合成樹脂)またはセラミックスの射出成形からなる成形体板である。この成形体板13、14の対向面には導電体平面として作用する導電体膜11、12を設けている。

【0030】図19は図18に示した成形体板および導電体膜の形成手順を示す斜視図である。まず(A)に示すように、誘電体ストリップを嵌め込むための溝を予め有する成形体板14を作成し、その溝の形成面に銀または銅などの導電体膜12をメッキする。成形体板13および導電体膜11についても同様に作成し、図18に示したように溝部分に誘電体ストリップ15を挟み込む。このように射出成形体板に導電体膜を形成することによって生産性が向上する。また、誘電体ストリップと同じか近似する線膨張係数を持つ樹脂またはセラミックスによって成形体板を構成すれば、周囲環境に対して電気的および機械的に安定した信頼性の高い誘電体線路が得られる。

【0031】次に、この発明の第4の実施形態に係る誘電体線路の斜視図を図20に示す。同図において3は誘電体セラミックスまたは樹脂からなる一体成形品であり、その図における上下の全面に導電体膜11、12を形成している。誘電体3の上下に突出している、高さ $h_1$ の領域が伝搬域、高さ $h_2$ の領域が非伝搬域となるように、 $h_1 > \lambda d/2$ 、 $h_2 < \lambda d/2$ とする。ここで $\lambda d$ は使用する周波数における誘電体内での波長である。また、 $LSM_{01}$ モードの遮断周波数が $LSE_{01}$ モードの遮断周波数より低くなり、且つ使用周波数が $LSE_{01}$ モードの遮断周波数と $LSM_{01}$ モードの遮断周波数との間となる条件で $h_1$ 、 $h_2$ および誘電体3の誘電率 $\epsilon_1$ を定める。

【0032】次に、この発明の第5の実施形態に係る誘電体線路の構成を斜視図として図21に示す。同図において3、4はそれぞれ誘電体セラミックスまたは樹脂の成形体であり、誘電体3の上面に導電体膜11、誘電体4の下面に導電体膜12を形成している。誘電体3、4の上下に突出している、高さ $h_1$ の領域が伝搬域、高さ $h_2$ の領域が非伝搬域となるように、 $h_1 > \lambda d/2$ 、 $h_2 < \lambda d/2$ とする。

2 <  $\lambda_0/2$  とする。ここで  $\lambda_d$  は使用する周波数における誘電体内での波長、 $\lambda_0$  は使用する周波数における自由空間での波長である。また、 $LSM_{01}$  モードの遮断周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数より低くなり、且つ使用周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数と  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数との間となる条件で  $h_1$ 、 $h_2$ 、誘電体3、4の非伝搬域における厚さ寸法  $t_1$  および誘電体3、4の誘電率  $\epsilon_1$  を定める。

【0033】次に、この発明の第6の実施形態に係るFM-CWレーダフロントエンド部の構成を図22に示す。同図の(A)は上部金属平板9の内面を示す図、

(B)は下部の金属平板10に回路基板7を載置した状態における平面図である。同図において、上下の金属平板9、10の所定位置には互に対向する鏡対称のパターンで誘電体ストリップ15a、15b、15c、15d、15e、16a、16b、16c、16d、16eを設けている。回路基板7はこの金属平板9、10間に挟み込まれる。回路基板7には発振器、終端器およびミキサとしてそれぞれ作用させるための各種導電体膜パターンおよび抵抗体膜パターンを形成している。このうち回路基板7の発振器部分およびミキサ部分にはRFチョーク用導電体パターン、RF整合用導電体パターンおよびストリップラインなどの各種パターンを形成して、発振器部分にはバラクタイオードおよびガンダイオードを設け、ミキサ部分にはショットキーバリアダイオードを設けている。金属平板9、10にはその内側にフェライトディスク32を、その外側には直流バイアス磁界を印加するための磁石(不図示)をそれぞれ設けて、誘電体ストリップ15d、15c、15e、16d、16c、16e、フェライトディスク32および磁石がサーキュレータを構成する。このサーキュレータと誘電体ストリップ15e、16eおよび抵抗体膜30からなる終端器とによってアイソレータを構成する。誘電体ストリップ15b、16bと15c、16c間および誘電体ストリップ15b、16bと15a、16a間はそれぞれカプラとして作用する。この構成によって、発振器からの信号は誘電体ストリップ15d、15d、サーキュレータおよび誘電体ストリップ15c、16cを介してアンテナへ伝送され、もう一つのアンテナより伝送されてきた反射信号とカプラを介して伝搬される送信信号との合成信号は誘電体ストリップ15a、16aを伝搬してミキサ部において中間周波信号に変換される。ここで各誘電体ストリップとその上下の金属平板9、10とによる誘電体線路は  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数より低くなり、且つ使用周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数と  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数との間となる条件で、伝搬域の金属平板の間隔、非伝搬域の金属平板の間隔、および誘電体ストリップの誘電率を定めている。従って、誘電体ストリップ15b、16bの曲率半径には設計上の制限がないため、

これを十分小さくして、FM-CWレーダフロントエンド部全体を小型化することができる。また、誘電体ストリップ15c、15d、15e、16c、16d、16eには使用周波数において  $LSE_{01}$  モードの電磁波が伝搬しないため、図28の(B)に示したようなモードサブレッサ109を設ける必要がなく、その分さらに全体を小型化することができる。

【0034】次に、この発明の第7の実施形態に係る誘電体線路の構成を斜視図として図23に示す。同図において誘電体3、4の非伝搬域の高さ  $h_2$  を伝搬域の高さ  $h_1$  より低く構成し、誘電体3の図における上面および誘電体4の図における下面にはそれぞれ導電体膜11、12を形成している。この2つの誘電体3、4の間に厚さ寸法  $t$  の回路基板7を挟み込ませている。回路基板7にはストリップラインを設けていて、このストリップラインと誘電体ストリップを伝搬する  $LSM_{01}$  モードの電磁波とを結合させるようにしている。この構造において、伝搬域における  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数より低くなり、且つ使用周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数と  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数との間となる条件で  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $t$ 、誘電体3、4の誘電率および回路基板7の誘電率を定める。

【0035】次に、この発明の第8の実施形態に係る誘電体線路の構成を斜視図として図24に示す。同図において誘電体3、4の非伝搬域の高さ  $h_2$  を伝搬域の高さ  $h_1$  より低く構成し、誘電体3、4の非伝搬域における厚さ寸法を  $t_1$  として、誘電体3の図における上面および誘電体4の図における下面にはそれぞれ導電体膜11、12を形成している。この2つの誘電体3、4の間に厚さ寸法  $t$  の回路基板7を挟み込ませている。回路基板7にはストリップラインを設けていて、このストリップラインと誘電体ストリップを伝搬する  $LSM_{01}$  モードの電磁波とを結合させるようにしている。この構造において、伝搬域における  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数より低くなり、且つ使用周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数と  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数との間となる条件で  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $t$ 、 $t_1$ 、誘電体3、4の誘電率および回路基板7の誘電率を定める。

【0036】次に、この発明の第9の実施形態に係る誘電体線路の構成を図25を基に説明する。同図の(A)はその分解斜視図である。図に示すように、金属平板9、10の対向面にそれぞれ溝を形成して、十字形に交差した誘電体ストリップ15をそれらの溝に嵌め込む構造としている。ここで、伝搬域における  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数より低くなり、且つ使用周波数が  $LSE_{01}$  モードの遮断周波数と  $LSM_{01}$  モードの遮断周波数との間となる条件で誘電体ストリップ15の誘電率と高さ、非伝搬域における金属平板の間隔および溝の深さを設定している。図25の

(B)は誘電体ストリップ15の交差部の平面図である。ここで、例えばポートP1からポートP3方向へ $LSM_{01}$ モードの電磁波を伝搬させた場合、その周波数では交差部からポートP2方向またはポートP4方向へは $LSE_{01}$ モードの電磁波として伝搬しない。また、ポートP1 $\leftrightarrow$ ポートP3方向の誘電体ストリップとポートP2 $\leftrightarrow$ ポートP4方向の誘電体ストリップとは直交しているため、ポートP1 $\leftrightarrow$ ポートP3方向へ伝搬する電磁波が交差部からポートP2方向またはポートP4方向へ $LSM_{01}$ モードのまま伝搬することも勿論ない。上述のことはポートP1 $\leftrightarrow$ ポートP3方向へ $LSM_{01}$ モードの電磁波を伝搬させた場合についても同様であり、このようにして、ポートP1 $\leftrightarrow$ ポートP3方向へ伝搬する $LSM_{01}$ モードの電磁波とポートP2 $\leftrightarrow$ ポートP4方向へ伝搬する $LSM_{01}$ モードの電磁波とは互いに独立して同一平面内を同時に伝搬させることができる。

#### 【0037】

【発明の効果】この発明の請求項1～6に係る誘電体線路によれば、 $LSM_{01}$ モードが最低時モードとなるため、使用周波数を $LSE_{01}$ モードの遮断周波数と $LSM_{01}$ モードの遮断周波数との間にとれば、ベンド部において $LSM_{01}$ モードから $LSE_{01}$ モードへのモード変換がなく、そのモード変換に伴う伝送損失が無くなり、任意のベンド角および曲率半径にベンド部を設計することが可能となる。そのため、ベンド角を大きくしたり曲率半径を小さくしてベンド部の占有面積を縮小して、装置全体を容易に小型化することができる。また、サーキュレータ部において $LSM_{01}$ モードから $LSE_{01}$ モードへのモード変換がないため、そのモード変換に伴う伝送損失が無くなり、 $LSE_{01}$ モードを抑制するモードサプレッ

サを用いる必要がなく、サーキュレータ部の占有面積を縮小して、装置全体を容易に小型化することができる。さらに、2つの誘電体ストリップを交差する関係で通す場合に、2つの誘電体ストリップを同一平面で交差させ、且つそれぞれを伝搬する電磁波の影響が相互に及ばないようにして、装置全体を容易に小型化することができる。

#### 【0038】また、この発明の請求項7に係る誘電体線路によれば、伝搬域における導電体平面の間隔と非伝搬域における導電体平面の間隔との差を大きくしても、その製造が容易となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の請求項1に係る誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図2】この発明の請求項2に係る誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図3】この発明の請求項3に係る誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図4】この発明の請求項4に係る誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図5】この発明の請求項5に係る誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図6】この発明の請求項6に係る誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図7】 $LSM_{01}$ モードと $LSE_{01}$ モードの電磁界分布を示す図である。

【図8】従来のノーマルタイプの誘電体線路の分散曲線およびその計算モデルを示す図である。

【図9】従来のグループドタイプの誘電体線路の分散曲線およびその計算モデルを示す図である。

【図10】第1の実施形態に係る誘電体線路の分散曲線およびその計算モデルの例を示す図である。

【図11】第1の実施形態に係る誘電体線路の分散曲線およびその計算モデルの例を示す図である。

【図12】第1の実施形態に係る誘電体線路の分散曲線およびその計算モデルの例を示す図である。

【図13】第1の実施形態に係る誘電体線路の斜視図である。

【図14】第1の実施形態に係る誘電体線路の断面図である。

【図15】誘電体ストリップの比誘電率と溝深さとの組合せにおける使用領域を示す図である。

【図16】ベンド角と伝送損失との関係を示す図である。

【図17】第2の実施形態に係る誘電体線路の断面図である。

【図18】第3の実施形態に係る誘電体線路の斜視図である。

【図19】第3の実施形態に係る誘電体線路の作成手順を示す斜視図である。

【図20】第4の実施形態に係る誘電体線路の斜視図である。

【図21】第5の実施形態に係る誘電体線路の斜視図である。

【図22】第6の実施形態に係るFM-CWレーダフロントエンド部の構成図である。

【図23】第7の実施形態に係る誘電体線路の斜視図である。

【図24】第8の実施形態に係る誘電体線路の斜視図である。

【図25】第9の実施形態に係る誘電体線路の分解斜視図および平面図である。

【図26】従来の各種誘電体線路の構成を示す断面図である。

【図27】誘電体線路のベンドの構成を示す分解斜視図である。

【図28】従来の誘電体線路によるサーキュレータの構成を示す斜視図である。

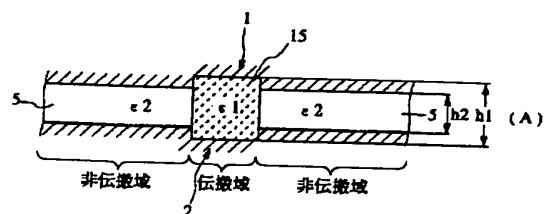
#### 【符号の説明】

1, 2-導電体平面

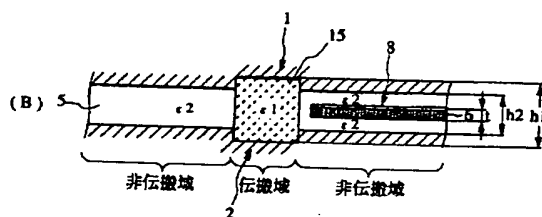
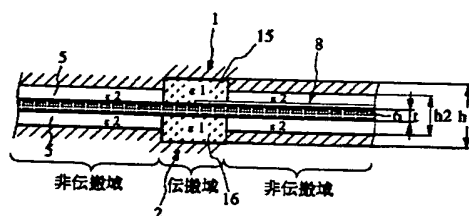


- 3, 4-誘電体  
5, 6-誘電体層  
7-回路基板  
8-ストリップライン  
9, 10-金属平板  
11, 12-導電体膜  
13, 14-成形体板  
15, 16-誘電体ストリップ

【図1】

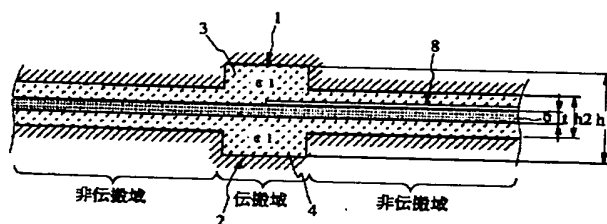
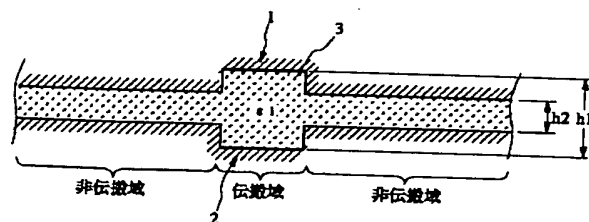


【図2】



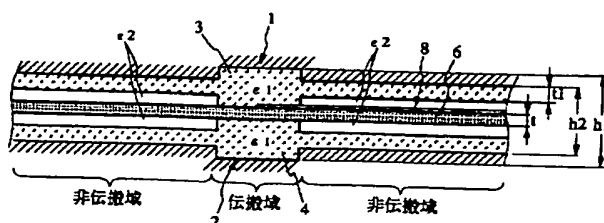
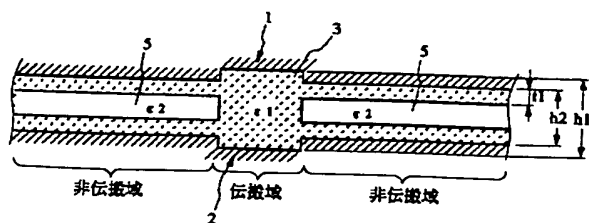
【図3】

【図4】



【図5】

【図6】



- 30-抵抗体膜

- 32-フェライトディスク

- 100-誘電体ストリップ

- 101, 102-金属平板

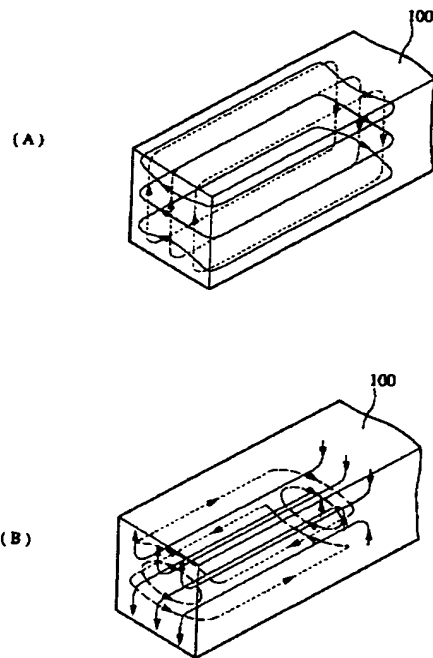
- 103, 104-誘電体層

- 105, 106-導電体板

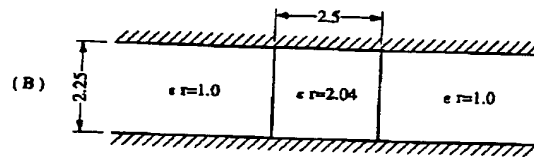
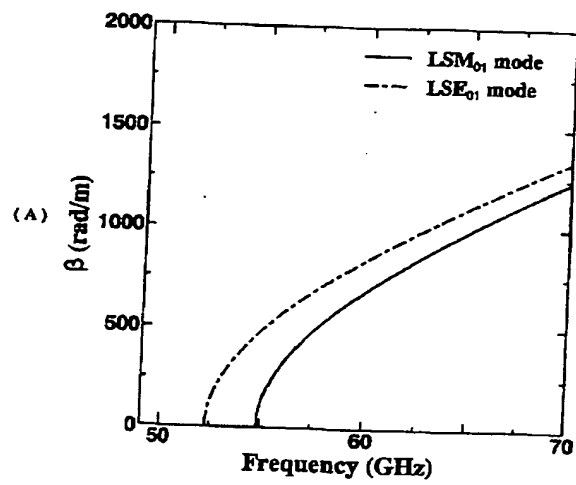
- 107, 108-誘電体板

- 109-モードサプレッサ

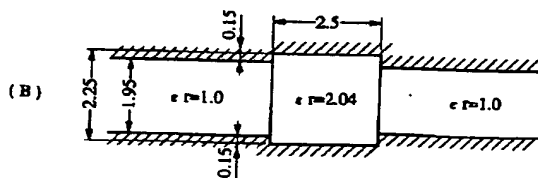
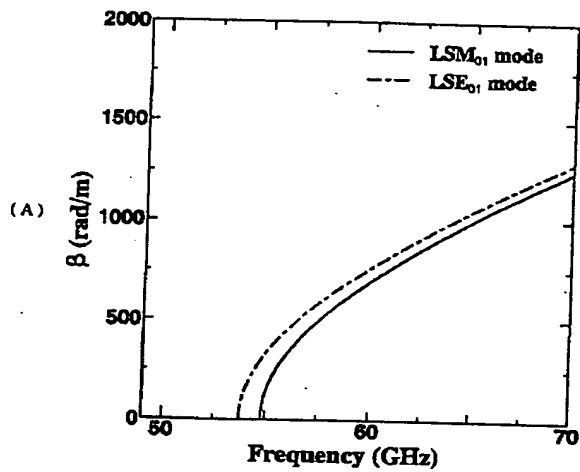
【図7】



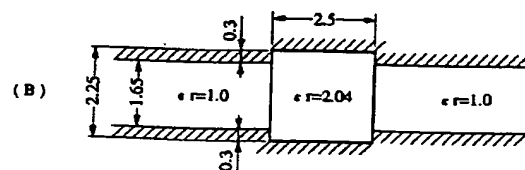
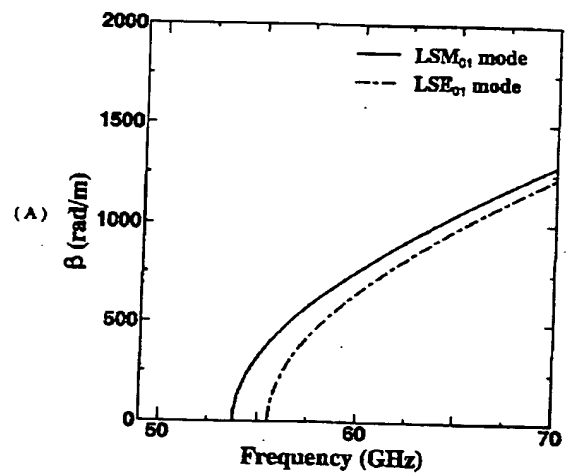
【図8】



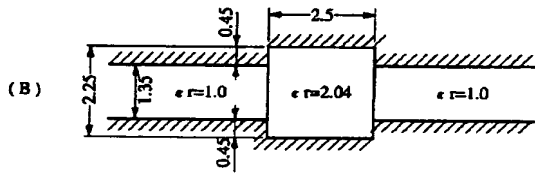
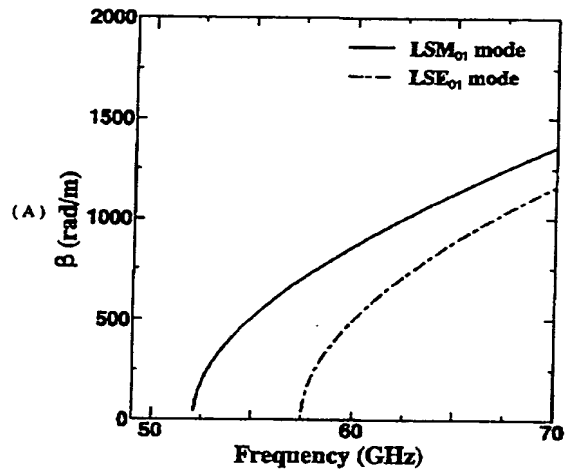
【図9】



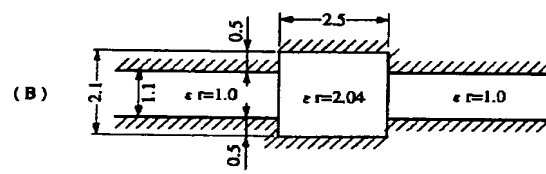
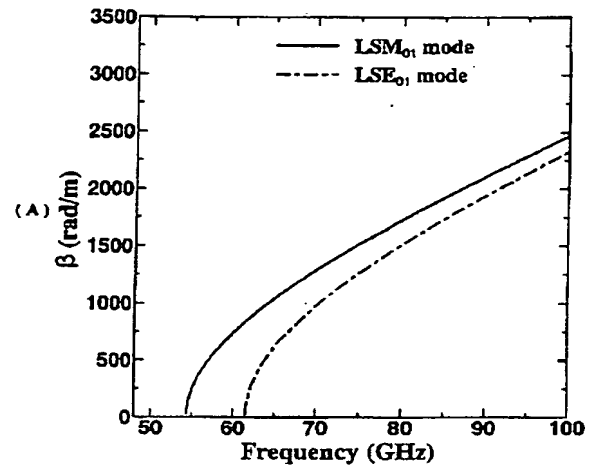
【図10】



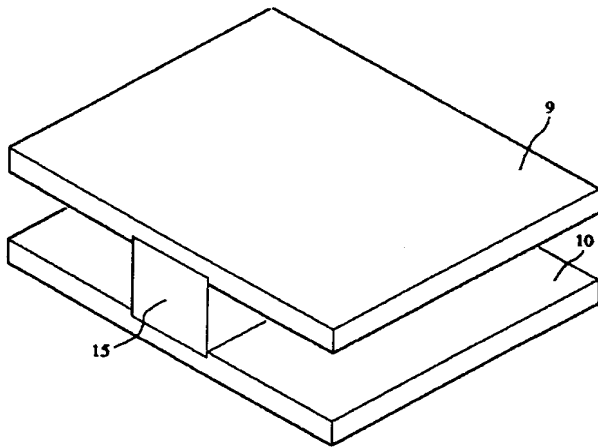
【図11】



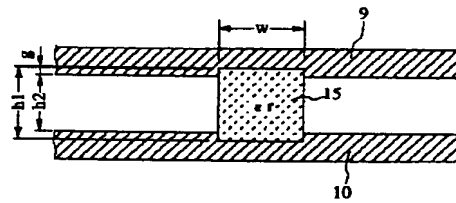
【図12】



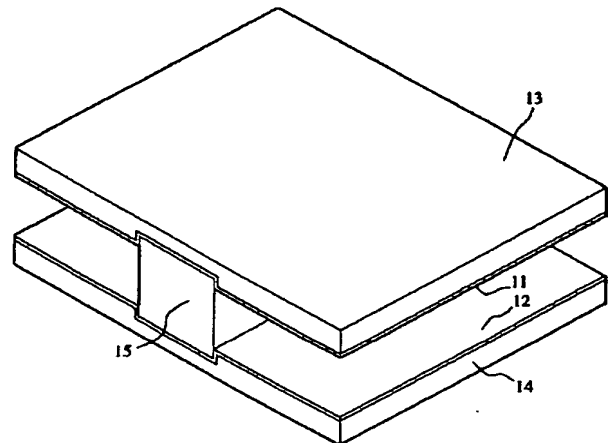
【図13】



【図14】

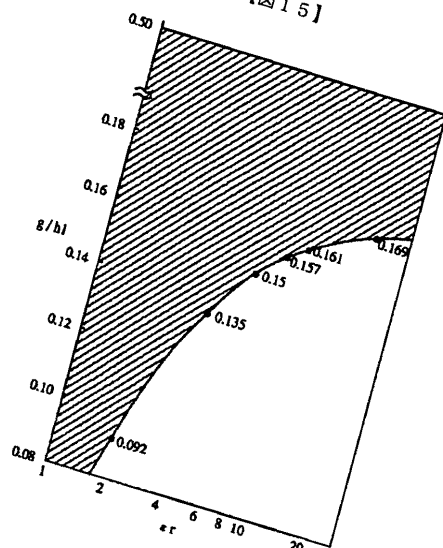


【図18】

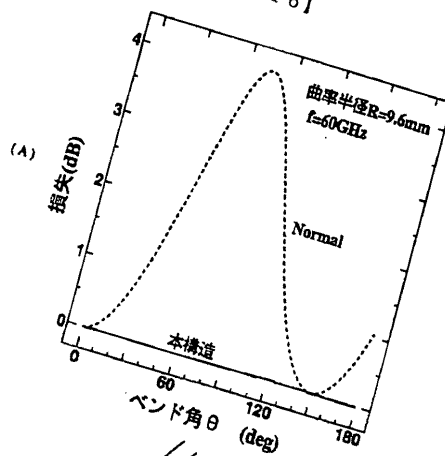


(11)

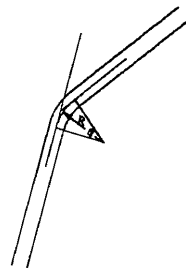
【図15】



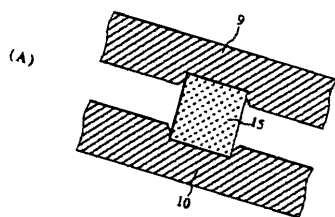
【図16】



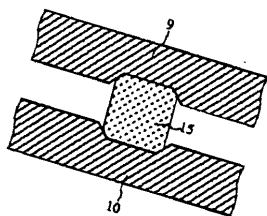
(B)



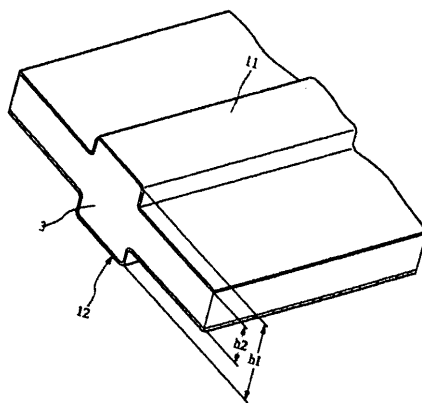
【図17】



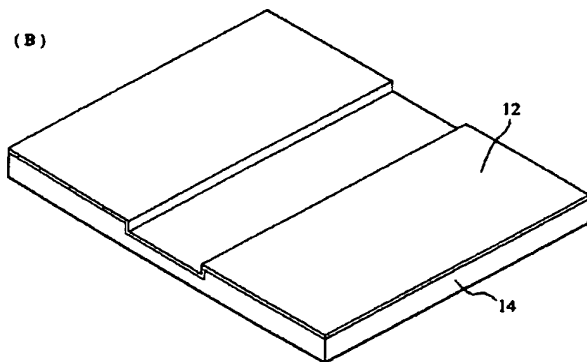
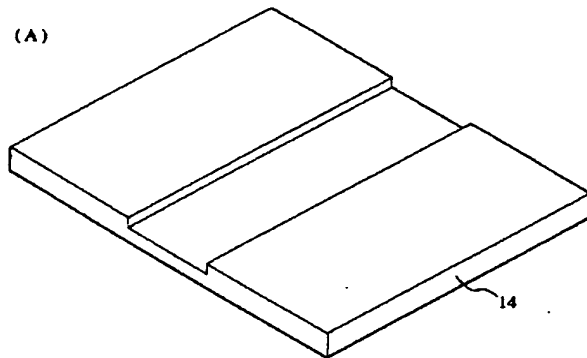
(B)



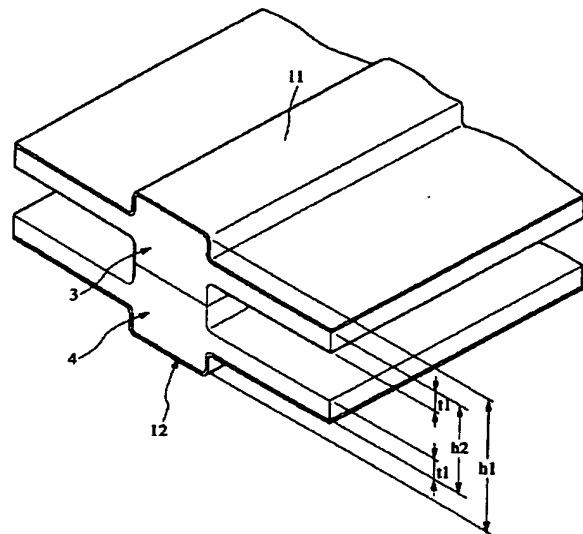
【図20】



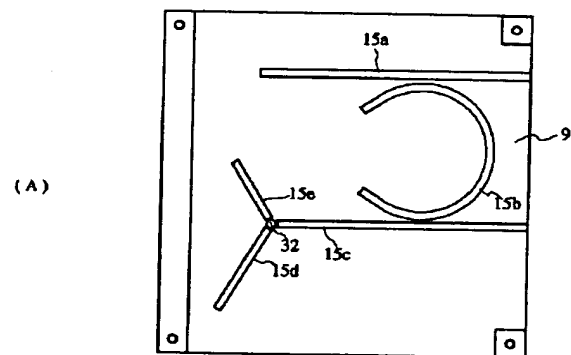
【図19】



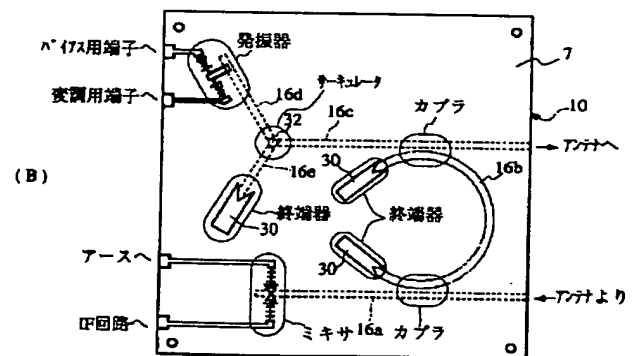
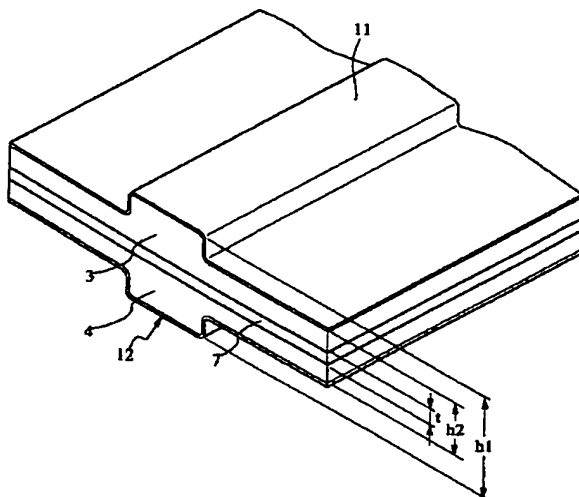
【図21】



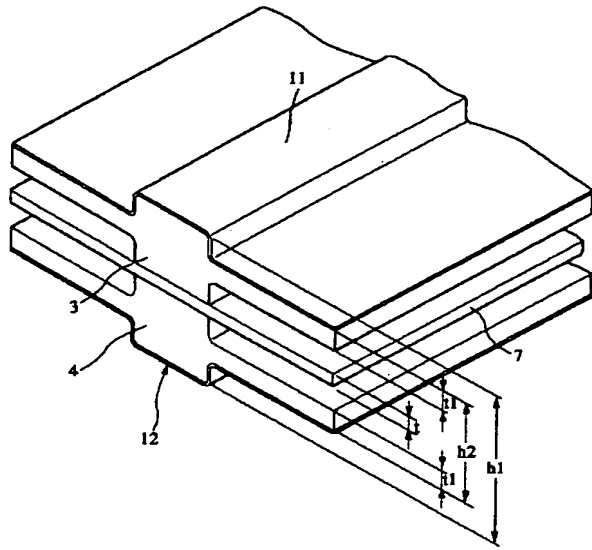
【図22】



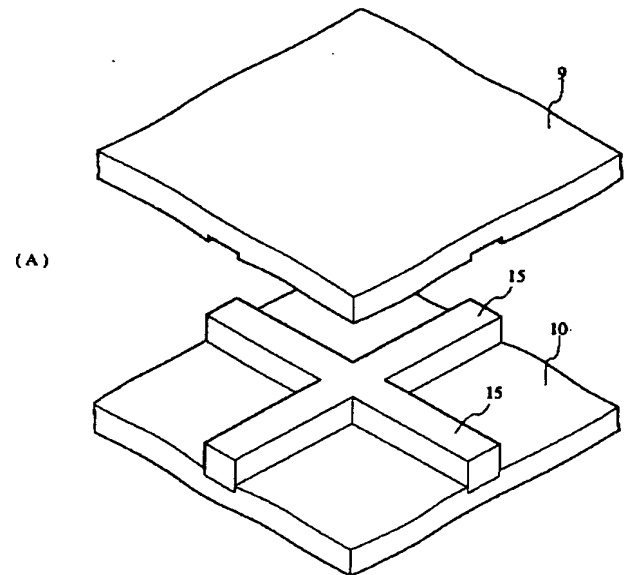
【図23】



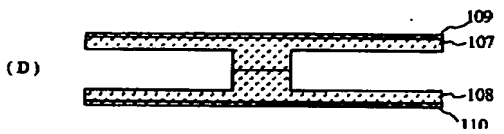
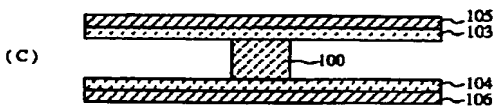
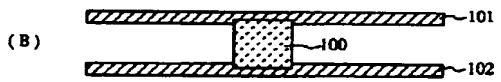
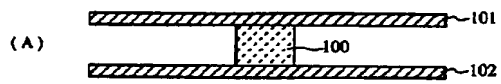
【図24】



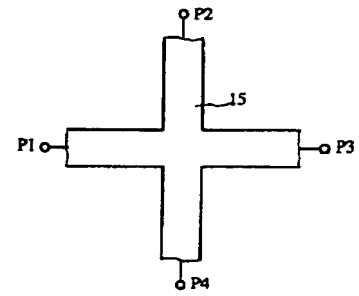
【図25】



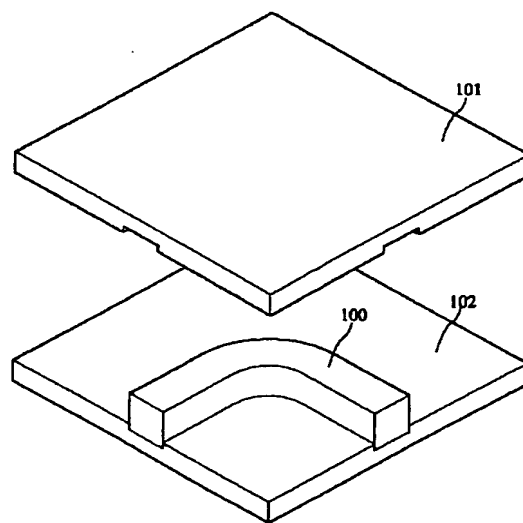
【図26】



(B)



【図27】



【図28】

